

Kolben-Dickstoffpumpe mit kontinuierlichem Förderstrom

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Dickstoffpumpe mit den Merkmalen des Oberbegriffs des Patentanspruchs 1. Im weiteren Sinne bezieht sie sich auch auf die Steuerung solcher Dickstoffpumpen.

Kolben-Dickstoffpumpen werden insbesondere zum Fördern von Beton auf Baustellen seit langer Zeit eingesetzt. In der Regel sind sie als hydraulisch betriebene Kolbenpumpen, zumeist zweizylindrig, ausgeführt, welche den Beton durch Schläuche oder Rohre fördern. Im Folgenden wird vereinfacht stets von Betonförderung die Rede sein. Die Erfindung beschränkt sich jedoch nicht auf die Anwendung bei Betonförderpumpen, sondern kann für sämtliche ähnlichen Dickstoffpumpen verwendet werden.

Solche Pumpen haben mit zwei im Wechsel gefüllten Zylindern und zugehörigen Kolben eine einzige Förderleitung zu speisen. Jeweils der gefüllte Zylinder wird mit der Förderleitung über eine schaltbare Rohrweiche verbunden. Daraufhin schiebt der Kolben den Beton aus (Pumphub), während der parallele Kolben zurückbewegt wird, um den Zylinder neu mit Beton zu füllen (Saughub). Am Ende jedes Hubs wird die Bewegungsrichtung der Zylinderkolben jeweils umgesteuert und die Rohrweiche umgestellt, so dass Pump- und Saughübe ständig abwechseln. Die beiden Kolben werden vorzugsweise hydraulisch und miteinander gekoppelt angetrieben, so dass sie grundsätzlich gegenläufig arbeiten.

Die gebräuchlichen Rohrweichen (DE 29 33 128 C2) werden so angeordnet, dass sie zwischen zwei Schalt-Endstellungen hin und her stellbar sind, in welchen sie alternierend die Verbindung zwischen den Zylinder-Öffnungen und der Förderleitung einerseits, andererseits dem Vorfüllbehälter herstellen. Daraus ergibt sich an sich eine diskontinuierliche Förderung.

Bei einer bestimmten Bauart umfasst die Rohrweiche einen wegen seiner äußeren Form so genannten Rockschieber, der in dem mit Dickstoff gefüllten Zuflussbereich des Vorfüllbehälters angeordnet ist. Die „Taille“ dieses Rocks hat eine der Ausstoßöffnung der Förderzy-

linder entsprechende Bohrung, während der Saum des Rocks eine etwa nierenförmige Öffnung umschreibt.

Dieser Rockschieber ist mithilfe eines Antriebs in einer bogenförmigen Schiebe-Schwenk-Bewegung zwischen zwei Endstellungen so positionierbar, dass jeweils in einer Endstellung die Taillenöffnung mit einer Ausstoßöffnung eines der Zylinder verbunden ist, während die Saumöffnung stets mit der einzigen Förderleitung kommuniziert. Bezüglich des Pumpstroms liegt also in dieser Ausführung die Taillenöffnung stromauf, die Saumöffnung stromab.

Durch die in Endstellung des Rockschiebers jeweils frei gelegte Ausstoßöffnung kann der betreffende Zylinder wieder im Saughub mit dem Dickstoff gefüllt werden, der außen an dem Rockschieber vorbei fließt. Beide Stirnflächen des Rockschiebers am Saum und an der Taille gleiten auf geeigneten Dichtflächen, so dass der Dickstoff nicht seitlich austreten kann. Eine kontinuierliche Förderung ist allerdings mit diesem System nicht möglich.

US 3,663,129 beschreibt als gattungsbildender Stand der Technik eine andere Betonpumpe, bei der das Umschaltventil bzw. dessen Rohrweiche aus einem gegenüber dem vorerwähnten Stand der Technik um 180° gedrehten Rockschieber besteht. Seine Taillenöffnung ist als

Auslaß stromab ständig, jedoch schwenkbar mit der Mündung der Förderleitung verbunden. Seine nierenförmige Saumöffnung (Einlass, stromauf) ist hinreichend lang, um die Öffnungen beider Förderzylinder gleichzeitig zu überdecken. Während des Betriebs führt die Rohrweiche eine kontinuierlich oszillierende Schwenkbewegung aus, deren Achse coaxial zur Mündung der Förderleitung liegt. Der Schwenkwinkel der Rohrweiche beträgt etwa 50° zu beiden Seiten einer Mittellage.

Die Kolben der Förderzylinder werden im Zusammenspiel mit der momentanen Stellung der Rohrweiche so gesteuert, dass im Moment der Überdeckung beider Zylinderöffnungen durch die Saumöffnung der eine Zylinder gerade am Ende und der jeweils andere am Beginn eines Pumphubs steht. Dabei geht die Förderung gleitend von dem einen auf den anderen Zylinder über. In der bekannten Steuerung wird für den Saughub und den Pumphub ei-

nes jeden Kolbens die gleiche Zeitspanne angesetzt. Es gibt folglich keine gleichzeitige Förderung beider Zylinder.

Infolge der nur einseitigen Lagerung dieser bekannten Rohrweiche auf der Seite der Förderung und der im Wesentlichen nur die Saumöffnung umschreibenden Stütz- und Dichtungsflächen können die erheblichen einwirkenden Kippmomente von der bekannten Konstruktion nicht wirksam aufgenommen werden. Aus diesem Grund kommt es unter dem Förderdruck zu Spaltbildungen zwischen Gehäuse und Rohrweiche, so dass erhebliche Leckverluste in dem Dichtbereich zwischen der Saumöffnung der Rohrweiche und den Förderzylindern auftreten, die wiederum die Realisierung einer tatsächlich kontinuierlichen Förderung in Frage stellen.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zu Grunde, ausgehend vom gattungsbildenden Stand der Technik eine verbesserte Dickstoffpumpe mit kontinuierlicher Förderung zu schaffen und ein Verfahren zum Steuern einer Dickstoffpumpe mit kontinuierlichem Förderstrom anzugeben.

Diese Aufgabe wird hinsichtlich der Dickstoffpumpe erfindungsgemäß mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 gelöst, hinsichtlich des Steuerverfahrens mit den Merkmalen des nebengeordneten Anspruchs 17.

Die Merkmale der den unabhängigen Ansprüchen jeweils nachgeordneten Unteransprüche geben vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung an.

Indem man der Rohrweiche auch auf ihrer den Zylindern zugewandten Seite eine Lagerung zuordnet, wird eine mechanische Abstützung der Rohrweiche bewerkstelligt, die Leckagen unter dem Druck im Förderbetrieb vermeidet, wodurch erst eine praxisgerechte Pumpe für eine kontinuierliche Förderung von Dickstoffen, insbesondere Beton, erreicht wird. Die fest mit der Rohrweiche verbundene Steuerscheibe mit Einlass- und Ansaugöffnungen erlaubt eine sichere Übertragung der auf die Rohrweiche im Pumpbetrieb einwirkenden Kräfte in die Lagerung. Die Steuerscheibe umfasst ferner Flächen-Abschnitte, die zum vollständigen Abdecken einer Öffnung eines der Förderzylinder vorgesehen sind. Dadurch wird einerseits eine Vorverdichtung der frischen Füllung dieses Zylinders ermöglicht.

Die zylinderseitige Lagerung kann vorteilhaft mit der Lagerung einer Antriebswelle für die Rohrweiche kombiniert werden, wodurch ein einfacher und robuster Aufbau gewährleistet wird.

Indem die Rohrweiche nebst der Steuerscheibe ausgehend von einer Mittelstellung, in der beide Förderzylinder zugleich mit der Förderleitung verbunden sind, in einander entgegengesetzte Richtungen um jeweils 120° ($2 \times 60^\circ$) schwenkbar ist, und die Ansaugöffnung jeweils nach einer solchen Schwenkung um 120° ($2 \times 60^\circ$) vor einem der Förderzylinder liegt, wird ein kompakter Aufbau des Umschaltventils ermöglicht.

Beim gattungsbildenden Stand der Technik ist zwar ein insgesamt kleinerer Schwenkwinkel der Rohrweiche vorgesehen. Jedoch ist dort die Rohrweiche ausgehend von der Mittelachse der Förderleitung stärker ausgekröpft, und die Achsen der Förderzylinder sind weiter gegenüber der Achse der Förderleitung versetzt. Dies vergrößert den Raumbedarf beträchtlich und vergrößert auch die um die Antriebsachse wirkenden Hebel aus Druck- und Reibungskräften.

Mit Vorzug kann die Steuerscheibe selbst an ihrem Umfang in dem Gehäuse des Umschaltventils mechanisch gleitfähig abgestützt werden. Damit wird eine breite Basis gegen die auf die Rohrweiche einwirkenden Kräfte geschaffen. Ein weiterer Vorteil dieser Gestaltung wird mit einer umlaufenden Abdichtung des Umfangs der Steuerscheibe in diesem Gehäuse erreicht, da in dieser vorteilhaften Weiterbildung der im Vorfüllbehälter befindliche Dickstoff gleich am Außenumfang der Steuerscheibe und nicht erst an den Rändern der Einlass- bzw. Ansaugöffnung aufgehalten wird.

Das erfindungsgemäße Steuerverfahren zeichnet sich dadurch aus, dass zu Beginn des Pumphubs des Kolbens eines jeden Förderzylinders dessen Öffnung mithilfe einer der Einlassöffnung der Rohrweiche vorlaufenden Steuer- oder Dichtfläche der Steuerscheibe verschlossen wird, wobei der Kolben dieses Förderzylinders einen Vorverdichtungshub ausführt, während der Kolben des anderen Förderzylinders im Pumphub läuft, und dass während der vorübergehend gleichzeitigen Überdeckung beider Zylinderöffnungen durch die Einlassöffnung beide Kolben in einer Gleichlaufphase aufeinander abgestimmt so gesteuert

werden, dass die von beiden Kolben zugleich gepumpte Dickstoffmenge wenigstens annähernd die gleiche ist wie bei Förderung durch einen Kolben allein während des Saughubs des jeweils anderen Kolbens. Vorzugsweise werden in der Gleichlaufphase beide Kolben gleich schnell angetrieben, und zwar mit etwa der halben normalen Pumpgeschwindigkeit.

Der Saughub jedes Kolbens läuft nach einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung deutlich schneller ab als sein Pumphub. Damit wird Zeit für den Vorverdichtungshub gewonnen, der jeden Pumphub zwischen sich einschließt.

Es kann schließlich von Vorteil sein, die Schwenkbewegung der Rohrweiche bzw. der Steuerscheibe in bestimmten Bewegungsphasen zu verlangsamen oder ganz aussetzen zu lassen.

Weitere Einzelheiten und Vorteile des Gegenstands der Erfindung gehen aus der Zeichnung eines Ausführungsbeispiels und deren sich im Folgenden anschließender eingehender Beschreibung hervor.

Es zeigen in vereinfachter Darstellung

- Fig. 1 eine Schnittansicht eines Umschaltventils einer erfindungsgemäßen Dickstoffpumpe im Bereich der Rohrweiche;
- Fig. 2 die in Fig. 1 mit A-A bezeichnete Schnittansicht;
- Fig. 3 die in Fig. 2 mit B-B bezeichnete Schnittansicht;
- Fig. 4 eine Phasendarstellung der Bewegungsabläufe der Rohrweiche in der gleichen Ansicht wie Fig. 2.;
- Fig. 5 ein den Phasen in Fig. 2 entsprechendes Weg-Zeit-Diagramm der phasenverschoben gesteuerten Hübe beider Kolben der Dickstoffpumpe.

Fig. 1 zeigt von einer Dickstoffpumpe 1 nur den in dieser Ansicht vorderen Förderzylinder 3 im Bereich von dessen offenem (Ausstoß-)Ende. Der zugehörige Kolben ist nicht dargestellt. Der zweite Förderzylinder 5 ist hier verdeckt, jedoch in Fig. 2 und 3 sichtbar. Beide Kolben sind unabhängig voneinander (vorzugsweise hydraulisch) angetrieben und können im Rahmen ihrer Hübe und ihrer Steuerung grundsätzlich beliebige Relativstellungen und -

geschwindigkeiten einnehmen. Es ist jedoch auch möglich, sie hydraulisch gekoppelt zu betreiben. Beide Zylinder und Kolben haben denselben Durchmesser, z. B. 250 mm.

An die offenen Enden beider Förderzylinder ist ein oben offenes Lager-Gehäuse 7 eines Umschaltventils 9 angeflanscht. Das Gehäuse bildet zugleich wenigstens einen (unteren) Teil eines Vorfüllbehälters 8. Die Öffnungen beider Förderzylinder 3 und 5 münden nahe am unteren Boden des Vorfüllbehälters 8 aus. Dies hat im Vergleich mit dem gattungsbildenden Stand der Technik den Vorteil, dass beim Ansaugen des Dickstoffs immer ein größtmöglicher Füllstand oberhalb der Zylinderöffnungen verbleibt.

Das Umschaltventil 9 umfasst als bewegliches Teil eine Rohrweiche 11. Diese wird ähnlich wie beim Stand der Technik von einem Hohlkörper in Form eines Rockschiebers gebildet. Der Saum 10 des Rocks ist den Förderzylindern 3 und 5 und die Taille 12 einer Förderleitung 13 zugewandt. Somit liegen im Förderstrom die Tailenöffnung stromab und die Saumöffnung stromauf.

Die Tailenöffnung 12 entspricht der Öffnung der Förderleitung 13 an der Verbindungsstelle, und sie sind stets miteinander in druckdichter Verbindung. Die Förderleitung 13 hat an der Verbindungsstelle z. B. 180 mm Durchmesser.

Der die Rohrweiche 11 bildende Hohlkörper ist im Gehäuse 7 über dem Boden des Vorfüllbehälters 8 dreh- bzw. schwenkbar an der Mündung der Förderleitung 13 sowie erfindungsgemäß auch auf der gegenüber liegenden, den Förderzylindern 3 und 5 zugewandten Seite gelagert, worauf noch einzugehen sein wird. Die Schwenkachse liegt zentrisch in der Längsachse des Endes der Förderleitung 13 und im Aufriss (Fig. 3) exakt zwischen den Förderzylindern 3 und 5.

Die Tailenöffnung 12 kann deshalb an der Mündung der Förderleitung 13 relativ einfach abgedichtet werden (z. B. durch Radialdichtringe), weil dort nur eine gleichachsige, rein rotativ-oszillierende Relativbewegung beider Rohrquerschnitte auftritt.

Hingegen ist an den Mündungen beider Förderzylinder 3 und 5, die nahe am Boden des Gehäuses 7 ausmünden, jeweils eine Gleitdichtung 4 vorzusehen (in Fig. 1 nur schematisch angedeutet), die sowohl axiale als auch radiale Dichtfunktion hat. Diese Gleitdichtung 4 ist an den Zylindern jeweils ringförmig mit einem lichten Durchmesser, der dem Zylinderdurchmesser entspricht. Es kann sich hier grundsätzlich um konventionelle Dichtungen an

sich bekannter Bauarten handeln, die ggf. an die vorliegende Weiterentwicklung angepasst werden müssen.

Eine vorzugsweise kreisförmige Steuerscheibe 15 ist am Rocksaum bzw. auf der den Förderzylindern 3 und 5 zugewandten Seite fest mit dem Hohlkörper der Rohrweiche 11 verbunden. Die beiden Teile könnten integral als Gussstück gefertigt werden. Vorzugsweise wird jedoch die Scheibe als Drehteil gefertigt und mit der Rohrweiche verschweißt oder verschraubt. Insgesamt wird so ein kombinierter Flach- und Rohrschieber geschaffen. Die Scheibe 15 hat, wie später noch erörtert wird, selbst eine wichtige Ventil- und Dichtungs-funktion. Außerdem übernimmt sie, wie ebenfalls noch auszuführen sein wird, wichtige mechanische Versteifungs- und Führungsfunktionen, welche die erfindungsgemäße Konstruktion vom gattungsgemäßen Stand der Technik abheben. Insbesondere steift die Steuerscheibe 15 den relativ dünnwandigen Hohlkörper der Rohrweiche 11 so weitgehend aus, dass dieser im Betrieb keinen wesentlichen Verformungen unterworfen wird.

Abweichend von der Darstellung in Fig. 1 wird in der realen Ausführung des Umschaltventils kein oder nur ein äußerst enger Spalt zwischen der den Förderzylindern 3 und 5 zugewandten Fläche der Scheibe 15 und der Innenwand des Gehäuses 7 vorhanden sein. Auch hierauf wird noch näher einzugehen sein. An dieser Stelle sei nur darauf verwiesen, dass eine sehr sorgfältige Abdichtung der gegeneinander bewegbaren Teile, nämlich einerseits der Rohrweiche 11 nebst der Scheibe 15 und den Rändern der Öffnungen in der Scheibe 15 und andererseits der Gehäusewand 7 bzw. den Ausstoß- bzw. Ansaugöffnungen der Förderzylinder 3 und 5 vorzusehen sein wird, womit entscheidende Verbesserungen gegenüber dem gattungsbildenden Stand der Technik erzielt werden. Auch wird die Scheibe 15 bevorzugt entlang ihrem gesamten Randumfang auf der inneren Gehäusewand 7 abgestützt, um eine möglichst breite mechanische Basis gegen die einwirkenden Kräfte bereit zu stellen.

Außerhalb des Gehäuses 7 ist über dem Förderzylinder 3 schematisch ein Hebel 17 angedeutet, der zum Einleiten von Antriebskräften in das Umschaltventil 9 bzw. in die Rohrweiche 11 über eine hier teilweise verdeckte Antriebswelle 19 dient. Die Antriebswelle 19 liegt vorzugsweise coaxial in der Schwenkachse der Rohrweiche 11 und ist fest mit der letzteren

verbunden. In diesem Fall kann ihre Lagerung 20 im Gehäuse 7 auch als die schon erwähnte zylinderseitige Lagerung der Rohrweiche genutzt werden.

Natürlich wäre auch eine getrennte Lagerung beider Teile möglich bzw. notwendig, wenn z. B. zwischen der Antriebswelle 19 und der Rohrweiche 11 eine Kupplung (nicht dargestellt) vorgesehen werden soll, die sich zur Übertragung radial wirkender (Stütz-)Kräfte nicht eignet. Wichtig ist, dass die Rohrweiche 11 gegenüber oder an der Innenwand des Gehäuses 7 sicher und schwenkbar gegen die erheblichen Kippmomente abgestützt ist, die durch den eingepressten Dickstoff auf ihre Innenwände ausgeübt werden. Damit werden zugleich die Einwirkung übermäßiger Kräfte auf die zwischen der Rohrweiche und der Gehäusewand vorzusehenden Dichtungen minimiert und unnötige Beanspruchungen dieser Dichtungen gänzlich vermieden.

In jedem Fall werden Kippmomente aufgrund äußerer Einflüsse auf die Rohrweiche von deren beidseitiger Lagerung sicher aufgenommen und auch die Bildung von Spalten verhindert, durch die der komprimierte Dickstoff wieder in den Vorfüllbehälter entweichen könnte.

Fig. 2 und 3 verdeutlichen weiter die Form und die Funktion der Rohrweiche 11 (deren Hohlkörper z. B. als relativ dünnwandiges Gussstück gefertigt werden kann) und der Scheibe 15.

In **Fig. 2** erkennt man in der kreisförmigen Scheibe 15 eine nierenförmige Öffnung 21 und eine runde Öffnung 23. Die erstere folgt einem Kreisabschnitt, der zentrisch auf die Mittelachse der Scheibe 15 ausgerichtet ist. Darauf erstreckt sie sich über etwa 120° mit gleich bleibendem Abstand der ihre Längsseiten umschreibenden Kreisabschnitte. Dieser Abstand

entspricht dem Durchmesser der Förderzylinder, beträgt also ebenfalls 250 mm. An den Enden ist die nierenförmige Öffnung mit einem Radius gerundet, der dem Radius der Zylinderöffnungen entspricht, also ca. 125 mm. Die Mittelpunkte dieser Endradien sind um 120° auf dem Kreisabschnitt versetzt.

Der Mittelpunkt der runden Öffnung 23 liegt auf demselben Abstand von der Mittelachse der Scheibe wie die nierenförmige Öffnung 21. Die Öffnung 23 ist von beiden End-Mittelpunkten der nierenförmigen Öffnung 21 gleich weit beabstandet. Zwischen den Mittelpunkten der Endradien der nierenförmigen Öffnung 21 und dem Mittelpunkt der runden Öffnung 23 liegt also jeweils ein Winkel von 120° .

Die beiden beidseits der runden Öffnung 23 liegenden Flächen-Abschnitte der Scheibe 15 sind mindestens so breit wie die Durchmesser der Zylinder 3 und 5. Sie sind also geeignet, in bestimmten Stellungen der Rohrweiche 11 bzw. der Scheibe 15 die Öffnung jeweils eines Zylinders 3 oder 5 vollständig und auch (mithilfe der die Zylinderöffnungen umgebenden Dichtungen) dicht zu verschließen.

Man erkennt ferner den im Schnittbereich etwa nierenförmigen Umriss der Rohrweiche 11. Die lichten Weiten bzw. Durchmesser beider Öffnungen 21 und 23 in der Scheibe 15 entsprechen den lichten Durchmessern der Förderzylinder 3 und 5.

In allen möglichen Stellungen der Rohrweiche 11 ist immer mindestens eine Öffnung eines Förderzylinders 3 oder 5 vollständig geöffnet und mit der Förderleitung 13 verbunden.

Die konstruktive Gestaltung der Scheibe 15 als Flachschieber im Zusammenwirken mit den Dichtungen und die Anordnung der Öffnung 23 verhindern zugleich auch jeden direkten Kontakt zwischen dem drucklosen Behälter bzw. dem darin befindlichen Dickstoff einerseits und der Förderleitung andererseits. Zu keiner Zeit besteht das Risiko eines Rückflusses aus der Förderleitung in den Vorrückbehälter.

Schematisch sind in Fig. 2 beidseits über das Gehäuse 7 abragende (vorzugsweise hydraulische) Antriebszylinder 25 angedeutet, die über nicht gezeigte Kupplungsglieder mit dem Hebel 17 und über die Antriebswelle 19 (Fig. 1) mit der Rohrweiche 11 und der Scheibe 15

verbunden sind. Die Antriebszylinder 25 können die Rohrweiche 11 über einen relativ weiten Winkelbereich diskontinuierlich oszillierend verschwenken (vgl. die Phasen in Fig. 4).

Statt mit Antriebszylindern könnte die Antriebswelle 19 natürlich auch mit einem geeigneten direkten Drehantrieb (Elektromotor, Hydraulikzylinder mit Zahnstange) gekuppelt werden.

Die Fig. 3 zeigt eindrücklich die Anordnung der (auch hier als Rockschieber anzusehenden) Rohrweiche 11 mit stromauf liegender Saum- und stromab liegender Tailenöffnung. Wie in Fig. 1 erkennt man die achsfeste Verbindung der Rocktaille 12 zur Förderleitung 13. Beide Förderzylinder 3 und 5 sind gegen die Rohrweiche mit Gleitdichtungen 4 abgedichtet.

Es ist auch erkennbar, dass beide Förderzylinder 3 und 5 zugleich und mit vollem Querschnitt über die Rohrweiche 11 mit der Förderleitung 13 verbunden sein können, abhängig von der jeweiligen Stellung der Rohrweiche 11 und der Scheibe 15.

In das hier vereinfacht kastenförmig gezeichnete Gehäuse 7 fließt von seiner offenen Oberseite her (über den hier nicht gezeigten Vorfüllbehälter) Dickstoff zu, der jedoch nicht direkt in die Rohrweiche 11 gelangt, sondern deren Hohlkörper nur außen umspült. Zum Zuführen des Dickstoffs in die beiden Förderzylinder 3 und 5 dient vielmehr ausschließlich die runde Öffnung 23 der Scheibe 15, nachdem diese in die entsprechende Ladestellung geschwenkt wurde (vgl. wiederum Fig. 4). Diese Öffnung 23 kann also auch als Lade- oder Ansaugöffnung der Scheibe 15 bezeichnet werden; sie hat ebenfalls eine Ventil- bzw. Wegfunktion.

Im Einzelnen sind beim Abdichten der Scheibe 15 gegenüber dem Gehäuse 7 folgende Randbedingungen zu beachten: im Förderbetrieb (Pumphub der Förderzylinder) ist sie an der Saumöffnung 21 der Rohrweiche 11 abzudichten, im Saugbetrieb an der runden Öffnung 23.

Vorzugsweise wird man auf der Innenwand des Gehäuses 7 in an sich bekannter Weise eine separat austauschbare Schleißplatte anordnen. Diese bildet die Basis für die notwendigen

Gleitbewegungen, welche die Rohrweiche 11 bzw. die Scheibe 15 gegenüber der Gehäusewand 7 während ihrer Schwenkungen ausführt.

Demgegenüber sind die beiden Öffnungen 21 und 23 mit Schneidringen auszustatten, welche diese Öffnungen rahmenartig umgeben und in direktem Kontakt mit der besagten Schleißplatte bzw. den Dichtungen 4 stehen. Im Falle der Saugöffnung 23 kann der Schneidring kreisförmig sein, bei der Saumöffnung 21 hat er entsprechend einen nierenförmigen Umriss.

Die Schneidringe sind vorzugsweise wiederum lösbar mit der Rohrweiche 11 bzw. mit der Scheibe 15 verbunden, damit sie bei Verschleiß separat austauschbar sind. Sie sind in an sich bekannter Weise mit elastischen (axialen) Dichtungen gegenüber den angrenzenden Teilen abgedichtet.

Schließlich ist es von Vorteil, den gesamten Außenumfang der Scheibe 15 gegen den Vorfüllbehälter abzudichten, auch wenn dort keine erhöhte Druckbelastung aufkommt. Jedoch wird mit einer solchen umlaufenden Außendichtung die Belastung der mit Druck beanspruchten Dichtungen um die Öffnungen 21 und 23 durch die abrasiven Bestandteile des Dickstoffs (Beton) sehr stark vermindert, so dass diese womöglich längere Austauschintervalle schaffen.

Man kann die Umfangsdichtung der Scheibe 15 auf derselben Schleißplatte wie die Schneidringe laufen lassen, wobei die Schleißplatte mindestens denselben Durchmesser wie die Scheibe 15 haben muss. Man kann jedoch auch einen separaten Schleißring vorsehen, auf dem nur die Verschleißdichtung der Scheibe 15 läuft. Dann könnten dieser Schleißring und die (kleinere) Schleißplatte getrennt ausgetauscht werden.

Zugleich schafft eine Gleitdichtung auf dem ganzen Umfang der Scheibe eine sichere axiale, je nach Gestaltung ggf. auch radiale Abstützung der Rohrweiche, die deren Lagerung auf breiter Basis unterstützt und die Wirkung von in die Rohrweiche 11 eingeleiteten Kippmomenten minimiert.

Es ist allerdings abweichend von der Darstellung nicht zwingend erforderlich, die Ansaugöffnung in der Scheibe 15 als umschlossene Bohrung 23 zu gestalten. Man kann stattdessen

auch eine zum Rand der Scheibe hin offene Ausnehmung vorsehen. Deren Öffnungswinkel und Kontur bleibt allerdings von der Forderung bestimmt, dass beidseits der nierenförmigen Öffnung 21 genügend Fläche der Scheibe 15 stehen bleiben muss, um jeweils eine Öffnung eines Förderzylinders 3 bzw. 5 vorübergehend sicher abzudichten. Selbstverständlich ist in einer solchen Variante auch die Form der die Ränder dieser Ausnehmung umgebenden Schneidkante anzupassen.

Der eigentliche Fördervorgang und die Steuerung der erfindungsgemäßen Dickstoffpumpe werden nun nach Einführung sämtlicher wesentlicher Bauteile der Dickstoffpumpe anhand der Ablaufphasen der Fig. 4 und des Weg-Zeit-Diagramms der Fig. 5 dargestellt und erörtert.

Die Phasen der Fig. 4, die der Ansicht der Fig. 2 entsprechen, werden zeilenweise von oben links nach unten rechts erörtert. Im Diagramm der Fig. 5 sind sie, über einer Zeitachse nebeneinander aufgetragen, durch senkrechte Striche voneinander abgeteilt und mit den gleichen Ziffern wie in Fig. 4 bezeichnet.

In Fig. 5 sind ergänzend unter den aufeinander folgenden Steuerungsschritten die jeweils zugehörigen Stellungen der Rohrweiche 11 und der Steuerscheibe 15 noch einmal verkleinert wiedergegeben, um eine eindeutige Zuordnung zu erleichtern. Der Bewegungsablauf des Kolbens K3 des Förderzylinders 3 ist gestrichelt, der des Kolbens K5 des Förderzylinders 5 ist durchgezogen gezeichnet.

In **Phase 1** steht die Rohrweiche 11 in der auch in den vorstehend beschriebenen Figuren 1 bis 3 gezeigten Stellung (im Folgenden auch Ausgangsstellung). Die nierenförmige Saumöffnung 21 verbindet beide Förderzylinder 3 und 5 gleichzeitig mit der Förderleitung 13. Die runde Öffnung 23 ist noch funktionslos. Keiner der Förderzylinder kommuniziert mit dem Gehäuse 7 oder mit dem Vorfüllbehälter 8.

Gemäß Phase 1 des Diagramms befindet sich der Kolben K3 des Förderzylinders 3 am Ende seines Pumphubs, während der Kolben K5 des (frisch gefüllten) Zylinders 5 gerade - nach einer Vorverdichtung - mit seinem neuen Pumphub beginnt. Beide Kolben werden mit einer relativ geringen Geschwindigkeit parallel und gleich gerichtet verschoben. Dies kann als „Gleichlaufphase“ angesehen werden.

Phase 2 ist ein Übergang des Förderzylinders 3 zwischen dem Pumphub und dem Saughub. Die Scheibe 15 ist um 60° gegen den Uhrzeigersinn aus ihrer Ausgangsstellung verschwenkt. Die Öffnung des Förderzylinders 3 ist von der Scheibe 15 dicht verschlossen, sein Kolben K3 ruht möglicherweise. Diese Zwischenstellung vermeidet sicher jeglichen Kurzschluss zwischen dem einen pumpenden und dem anderen saugenden Förderzylinder.

In dieser relativ kurzen Phase können sich die Scheibe 15 bzw. die Rohrweiche 11 allenfalls langsam bewegen; ggf. müssen sie angehalten werden.

Währenddessen befindet sich der Kolben K5 weiterhin im Pumphub, wie auch in der Diagramm-Phase 2 erkennbar ist. Die Steigung seiner Bewegung ist aber jetzt steiler, d. h. seine Vorschubgeschwindigkeit ist gegenüber der vorhergehenden Gleichlaufphase 1 auf ein Normalmaß erhöht (z. B. verdoppelt). Damit wird ein gleich bleibender Strom des Dickstoffs in der Förderleitung 13 sichergestellt.

Phase 3 zeigt die erste Extrem- oder Umkehrstellung der nun ausgehend von Phase 1 um 120° und ausgehend von Phase 2 um 60° gegen den Uhrzeigersinn ausgeschwenkten Rohrweiche 11. Die runde Öffnung 23 der Scheibe 15 liegt genau vor dem Förderzylinder 3. Die nierenförmige Öffnung 21 lässt immer noch eine Förderung aus dem Förderzylinder 5 in die Förderleitung 13 zu.

Diagramm-Phase 3 lässt erkennen, dass der Kolben K5 weiterhin mit voller Geschwindigkeit bzw. in voller Pumpleistung läuft, während der Kolben K3 einen Saughub, vorzugsweise mit sanftem An- und Auslauf, jedoch insgesamt mit höherer Geschwindigkeit als im Pumphub ausführt („Saugphase“).

Auch in dieser Phase kann ein vorübergehendes Anhalten der oszillierenden Bewegung der Rohrweiche 11 von Vorteil sein, damit der Saughub bei voller Öffnung des Förderzylinders 3 ablaufen kann.

Die Position der Rohrweiche 11 in **Phase 4** der Fig. 4 entspricht der Phase 2. Die Scheibe 15 wurde aus der Umkehrstellung nun im Uhrzeigersinn wieder um 60° zurück geschwenkt. Jedoch kann nun, wie sich aus dem Diagramm ergibt, der Kolben K3 des (von der Scheibe 15 wieder verschlossenen) Förderzylinders 3 den soeben angesaugten Dickstoff mit geringer

Geschwindigkeit über einen sehr kurzen Hub vorverdichten, vorzugsweise auf den in der Förderleitung herrschenden Betriebsdruck („Vorverdichtungsphase“). Dies ist im Hinblick auf mit dem Dickstoff angesaugte Gase (Luft) und auf den von der Förderleitung 13 her anstehenden Gegendruck zu empfehlen, um Stöße im System zu vermeiden, wenn die Zylinderöffnung von der nierenförmigen Einlassöffnung 21 wieder freigegeben wird. Auch hier kann die Rohrweiche 11 kurzzeitig angehalten oder jedenfalls abgebremst werden.

Der Kolben K5 läuft gerade in die Endphase seines Pumphubs ein, immer noch mit voller Geschwindigkeit.

Phase 5 entspricht hinsichtlich der Stellung der Rohrweiche 11 exakt der Phase 1 (Ausgangsstellung, „Gleichlaufphase“). Auch das Diagramm lässt in Phase 5 erkennen, dass nun die Kolben K3 und K5 mit vertauschten Rollen ihr phasenverschobenes Spiel von neuem mit einer gleichzeitigen Pumpförderung bei reduzierter Geschwindigkeit beginnen. Die Rohrweiche 11 wird nun im Uhrzeigersinn weiter geschwenkt.

Phase 6 ist spiegelbildlich zur Phase 2; nun pumpt allein der Kolben K3 mit voller Geschwindigkeit, während die Scheibe 15 den Förderzylinder 5 dicht verschließt und dessen Kolben K5 gemäß Diagramm-Phase 6 möglicherweise ruht. Die Scheibe ist um 60° im Uhrzeigersinn aus der Ausgangsstellung verschwenkt.

Phase 7 entspricht spiegelbildlich der Phase 3. Die Scheibe 15 bzw. das Umschaltventil 11 haben hier ihre Extrem- oder Umkehrstellung im Uhrzeigersinn erreicht. Der Förderzylinder 5 wird neu gefüllt. Sein Kolben K5 läuft gemäß Diagramm-Phase 7 zurück in die Ausgangsstellung, und durch die runde Öffnung 23 fließt Dickstoff in den Förderzylinder 5 nach. Zugleich ist der Förderzylinder 3 in voller Pumpleistung, sein Kolben in voller Vorschubgeschwindigkeit.

Mit der spiegelbildlich der Phase 4 entsprechenden **Phase 8** verdichtet der Kolben des Förderzylinders 5 wieder den neu eingefüllten Dickstoff vor, während der Kolben des Förderzylinders 3 in die Endphase seines Pumphubs einläuft. Im Diagramm ist nun ein voller Betriebszyklus der Zweizylinder-Dickstoffpumpe abgeschlossen, der weitere Ablauf beginnt wieder mit Phase 1.

Zur Verdeutlichung der im Betrieb der Dickstoffpumpe bei kontinuierlicher Förderung anfallenden Geschwindigkeiten, Drücke und Kräfte sei erwähnt, dass der gesamte Ablauf der Phasen 1 bis 8 sich innerhalb von nur 6 Sekunden vollzieht, wie dies durch die beschriftete Zeitachse unterhalb des Diagramms angedeutet ist. Dabei haben die Kolben der Förderzylinder Hübe von ca. 1 m Länge zu durchlaufen.

Zur weiteren Interpretation des Diagramms der Fig. 5 sei zunächst wiederholt, dass in den Phasen 1 und 5 beide Kolben gleichzeitig Dickstoff in die Förderleitung 13 pumpen. Während dieser Phase sind ihre Geschwindigkeiten so aufeinander abgestimmt, dass ihre Gesamtfördermenge derjenigen eines Kolbens allein bei dessen normaler Vorschubgeschwindigkeit entspricht. Damit wird, zusammen mit der Phase der Vorverdichtung des neu anlaufernden Kolbens, eine praktisch stoßfrei konstante Fördermenge der Dickstoffpumpe erzielt.

In allen anderen Phasen ist jeweils nur einer der Kolben im Pumpbetrieb, und er läuft dann vorzugsweise mit konstanter Geschwindigkeit.

Die erfindungsgemäße Gestaltung des Umschaltventils und eine gezielte Vorschubsteuerung der Kolben ermöglichen es, in den Phasen der gemeinsamen Pumphübe einen gegenüber der Einzelpumpleistung eines Kolbens gleich bleibenden Ausstoß der Dickstoffpumpe zu erzie-

len, und so die Pulsation des Dickstoffstroms in der Förderleitung 13 praktisch zu eliminieren. Diesem kommt insbesondere die Vorverdichtung des Dickstoffs in den Phasen 4 und 8 zugute, durch die vermieden wird, dass mit dem Öffnen des jeweils frisch gefüllten Förderzylinders 3 oder 5 ein druckloser „Pufferraum“ mit der Förderleitung 13 verbunden wird.

Zwar werden durch den Vorverdichtungsschritt auf das Rohrventil 11 erhebliche Kräfte ausgeübt, die jedoch durch dessen erfindungsgemäß beidseitige, robuste und doch verhältnismäßig einfache Lagerung aufgefangen werden. Hier kommen auch wieder der Vorteil einer reinen rotatorischen (Schwenk-)Lagerung zum Tragen, sowie der Vorteil der ständigen Verbindung des stromab gelegenen Endes der Rohrweiche 11 mit der Förderleitung 13.

Die Stellungen der Kolben und der Rohrweiche 11 nebst der Steuerscheibe 15 werden mit geeigneten Sensoren (Weg- und/oder Winkelaufnehmer), ggf. direkt an den jeweiligen Antrieben, oder am Umfang der Steuerscheibe 15, erfasst. Diese Sensoren führen ihre Stellungssignale einer vorzugsweise zentralen Steuereinheit der Dickstoffpumpe zu, die ihrerseits die Antriebe der Kolben und der Rohrweiche 11 beherrscht.

Insbesondere steuert sie im Moment der gleichzeitigen Überdeckung beider Öffnungen der Förderzylinder eine Reduzierung der Vorschubgeschwindigkeiten ein. Es müssen nicht unbedingt beide Kolben auf halbe Geschwindigkeit gesteuert werden, sondern man könnte grundsätzlich auch den einen Kolben z. B. auf 1/3 der vollen Geschwindigkeit und den anderen auf 2/3 der vollen Geschwindigkeit einsteuern (gleiche Durchmesser und Gesamthübe vorausgesetzt). Das Ziel bleibt ein möglichst konstanter Förderstrom des Dickstoffs in der Rohrweiche 11 bzw. in der Förderleitung 13.

Des Weiteren hat die Steuereinheit während der Zeitspanne, in der der frisch gefüllte Förderzylinder von der Scheibe 15 verschlossen ist, einerseits die Rohrweiche vorübergehend anzuhalten oder auf langsamen Lauf zu schalten, andererseits den Vorverdichtungshub des

zugehörigen Kolbens zu steuern. Dies erfordert ggf. noch einen Drucksensor, der im Zylinder, im Kolben, oder auch in der mit dem Druck belasteten Rohrweiche 11 bzw. der damit

verbundenen Scheibe 15 angeordnet werden kann. Ein Blockieren der Scheibe 15 durch überhöhten Druck ist selbstverständlich sicher auszuschließen.

Auch in anderen Phasen, z. B. den Gleichlaufphasen und der Saugphase, kann ein verlangsamter Lauf der Rohrweiche und der Steuerscheibe 15 oder gar vorübergehender Stillstand auch zwischen den Umkehrpunkten von Vorteil sein. Man wird insgesamt sorgfältig zwischen Stillstandszeiten und Schwenkzeiten der Rohrweiche abwägen müssen, damit einerseits die Strömungsquerschnitte durch Überschneidungen der Steuerflächen der Steuerscheibe mit den Öffnungen der Förderzylinder nicht zu stark verringert, andererseits keine überhöhten Schwenkgeschwindigkeiten notwendig werden.

Patentansprüche

1. Zweizylinder-Dickstoffpumpe zur kontinuierlichen Förderung insbesondere von Beton, bei der zwei Förderzylinder den Dickstoff aus einem Vorfüllbehälter in eine Förderleitung fördern und ein Umschaltventil mit einer schwenkbaren Rohrweiche zum Umschalten zwischen dem ersten und dem zweiten Förderzylinder vorgesehen ist, wobei die Rohrweiche
 - einen sich von einer den Zylindern zugeordneten Einlassöffnung zu einer der Förderleitung zugeordneten Auslassöffnung verengenden Querschnitt hat,
 - im Bereich der Auslassöffnung schwenkbar gelagert ist und
 - in allen Stellungen des Umschaltventils mindestens einen Förderzylinder auf vollem Querschnitt mit der Förderleitung verbindet, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Rohrweiche (11) auf ihrer den Zylindern (3, 5) zugewandten Seite eine Lagerung (20) und eine fest mit ihr verbundene Steuerscheibe (15) zugeordnet sind, welche Steuerscheibe (15) neben der Einlassöffnung (21) der Rohrweiche (11) eine Ansaugöffnung (23) umfasst, die mit einem zum vollständigen Abdecken einer Öffnung eines der Förderzylinder (3, 5) genügenden Abstand von der Einlassöffnung (21) angeordnet ist.
2. Dickstoffpumpe nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Rohrweiche (11) mit einer im Gehäuse (7) des Umschaltventils (9) gelagerten Antriebswelle (19) fest verbunden ist und dass die Lagerung der Antriebswelle (19) auch als zylinderseitige Lagerung der Rohrweiche (11) dient.
3. Dickstoffpumpe nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Rohrweiche (11) nebst der Steuerscheibe (15) ausgehend von einer Mittelstellung, in der beide Förderzylinder (3, 5) zugleich mit der Förderleitung (13) verbunden sind, in einander entgegengesetzte Richtungen um jeweils 120° schwenkbar ist, um die Ansaugöffnung (23) jeweils vor einen Förderzylinder (3, 5) zu bringen.
4. Dickstoffpumpe nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Steuerscheibe (15) und die Rohrweiche (11) zylinderseitig eine nierenförmige Einlassöffnung (21) haben, die sich entlang einem Kreiswinkel über 120° erstreckt und an ihren beiden Enden ausgerundet ist, und dass die Ansaugöffnung (23) auf demselben Kreisumfang

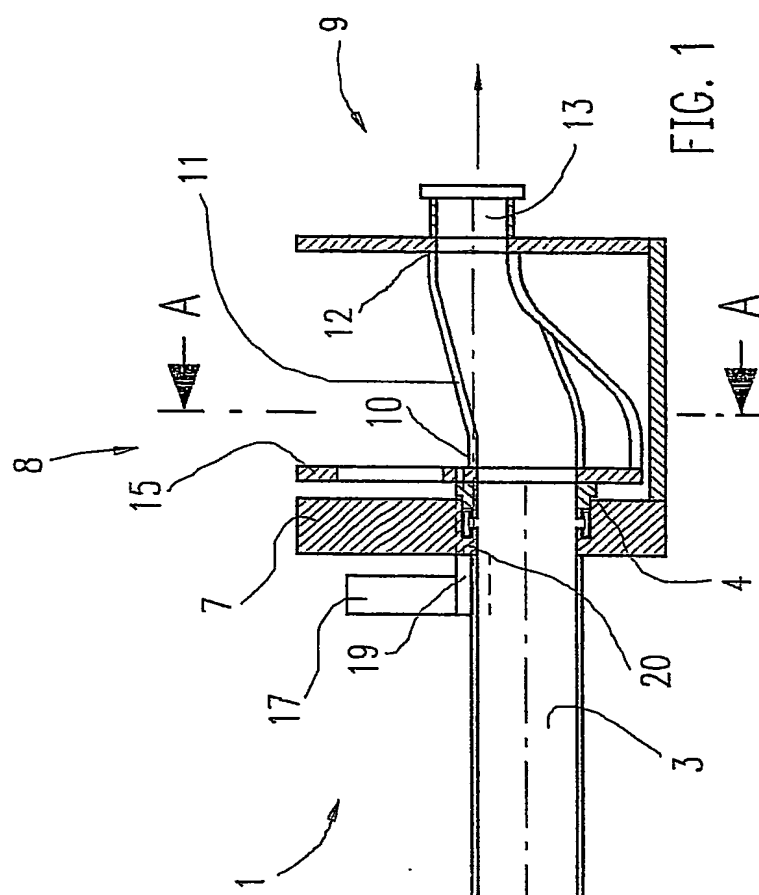
symmetrisch um 120° gegenüber beiden Enden der Einlassöffnung (21) versetzt liegt.

5. Dickstoffpumpe nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Ansaugöffnung (23) als Bohrung in der Steuerscheibe (15) mit einem dem Durchmesser der Förderzylinder (3, 5) mindestens entsprechenden Durchmesser ausgeführt ist.
6. Dickstoffpumpe nach einem der vorstehenden Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Ansaugöffnung als randseitige Ausnehmung in der Steuerscheibe ausgeführt ist, deren Öffnung mindestens dem Durchmesser eines Förderzylinders entspricht.
7. Dickstoffpumpe nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die nierenförmige Einlassöffnung (21) von einem Schneidring umfasst ist.
8. Dickstoffpumpe nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine der Rohrweiche (11) zugewandten Seitenfläche des Gehäuses (7) mindestens eine Schleißplatte angeordnet ist.
9. Dickstoffpumpe nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Steuerscheibe (15) an ihrem Umfangsrand gleitfähig an einer Wand des Gehäuses (7) des Umschaltventils (9) abgestützt ist.
10. Dickstoffpumpe nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass die umfangsseitige Stützfläche der Steuerscheibe (15) als umlaufende Gleitdichtung ausgeführt ist.
11. Dickstoffpumpe nach Anspruch 8 und Anspruch 9 oder 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Steuerscheibe (15) gleitfähig auf der Schleißplatte abgestützt ist.
12. Dickstoffpumpe nach Anspruch 9 oder 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Steuerscheibe (15) an ihrem Umfang gleitfähig auf einem getrennten Schleißring abgestützt ist.
13. Dickstoffpumpe nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Rohrweiche (11) über eine Antriebswelle (19) mittels Antriebszylindern (25) über einen Hebel (17) oder mittels eines Drehantriebs unmittelbar zu Schwenkbewegungen antreibbar ist.

14. Dickstoffpumpe nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest die Antriebswelle (19) im Aufriss zwischen den Förderzylindern (3, 5) angeordnet ist.
15. Dickstoffpumpe nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Steuerscheibe (15) mit der Rohrweiche (11) lösbar mittels Schrauben oder fest durch Schweißen verbunden ist.
16. Dickstoffpumpe nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Öffnungen der Förderzylinder (3, 5) nahe dem unteren Boden des Vorfüllbehälters (8) unterhalb der Schwenkachse der Rohrweiche (11) ausmünden.
17. Verfahren zum Steuern einer Dickstoffpumpe, insbesondere einer Dickstoffpumpe (1) nach den vorstehenden Ansprüchen, mit zwei einseitig offenen Förderzylindern (3, 5) mit Kolben und einem Umschaltventil (9) mit einer beweglichen, auf die Bewegung der Kolben abgestimmt steuerbaren Rohrweiche (11), deren Einlassöffnung (10, 21) zum gleichzeitigen Überdecken der Öffnungen beider Förderzylinder (3, 5) in wenigstens einer Stellung der Rohrweiche (11) bemessen ist und deren Auslassöffnung (12) mit einer Förderleitung (13) kommuniziert, wobei die Rohrweiche (11) mit Dichtflächen versehen ist, die in vorgegebenen Stellungen der Rohrweiche die Öffnung mindestens eines Förderzylinders verschließen, **dadurch gekennzeichnet**, dass zu Beginn des Pumphubs des Kolbens (K3, K5) eines jeden Förderzylinders (3, 5) dessen Öffnung mithilfe einer der Einlassöffnung der Rohrweiche vorlaufenden Dichtfläche einer Steuerscheibe (15) verschlossen wird, wobei der Kolben dieses Förderzylinders einen Vorverdichtungshub ausführt, während der Kolben des anderen Förderzylinders im Pumphub läuft, und dass während der vorübergehend gleichzeitigen Überdeckung beider Zylinderöffnungen durch die Einlassöffnung (21) beide Kolben in einer Gleichlaufphase aufeinander abgestimmt so gesteuert werden, dass die von beiden Kolben (K3, K5) zugleich gepumpte Dickstoffmenge wenigstens annähernd die gleiche ist wie bei Förderung durch einen Kolben (K5 oder K3) allein während des Saughubs des jeweils anderen Kolbens (K3 oder K5).
18. Verfahren nach Anspruch 17, **dadurch gekennzeichnet**, dass jeder Pumphub eines Kolbens mindestens eine Vorverdichtungsphase (Phasen 4 / 8), eine erste Gleichlaufphase (Phasen 1 / 5), eine Pumpphase (Phasen 2 bis 4 / 6 bis 8) und eine zweite Gleichlaufphase (Phase 5 / 1)

umfasst.

19. Verfahren nach Anspruch 17 oder 18, **dadurch gekennzeichnet**, dass während der Gleichlaufphasen beide Kolben (K3, K5) mit verringerter Geschwindigkeit und Pumpleistung angetrieben werden.
20. Verfahren nach Anspruch 19, **dadurch gekennzeichnet**, dass während der Gleichlaufphasen beide Kolben (K3, K5) mit gleicher Geschwindigkeit angetrieben werden, insbesondere mit der halben normalen Geschwindigkeit ihres weiteren Pumphubes.
21. Verfahren nach einem der vorstehenden Verfahrensansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass jeder Saughub eines Kolbens eine Anlauf- und eine Auslauframpe mit geringerer Geschwindigkeit umfasst.
22. Verfahren nach einem der vorstehenden Verfahrensansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Saughub jedes Kolbens (Phase 3 / 7) schneller als sein Pumphub abläuft, insbesondere zwischen einer Entspannungsphase (Phase 2 / 6) und einer Vorverdichtungsphase (Phase 4 / 8) eingeschlossen ist.
23. Verfahren nach einem der vorstehenden Verfahrensansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Rohrweiche (11) in der Vorverdichtungsphase verlangsamt oder vorübergehend stillgesetzt wird.
24. Verfahren nach einem der vorstehenden Verfahrensansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Rohrweiche (11) in der Gleichlaufphase verlangsamt oder vorübergehend stillgesetzt wird.
25. Verfahren nach einem der vorstehenden Verfahrensansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Rohrweiche (11) in der Entspannungsphase verlangsamt oder vorübergehend stillgesetzt wird.



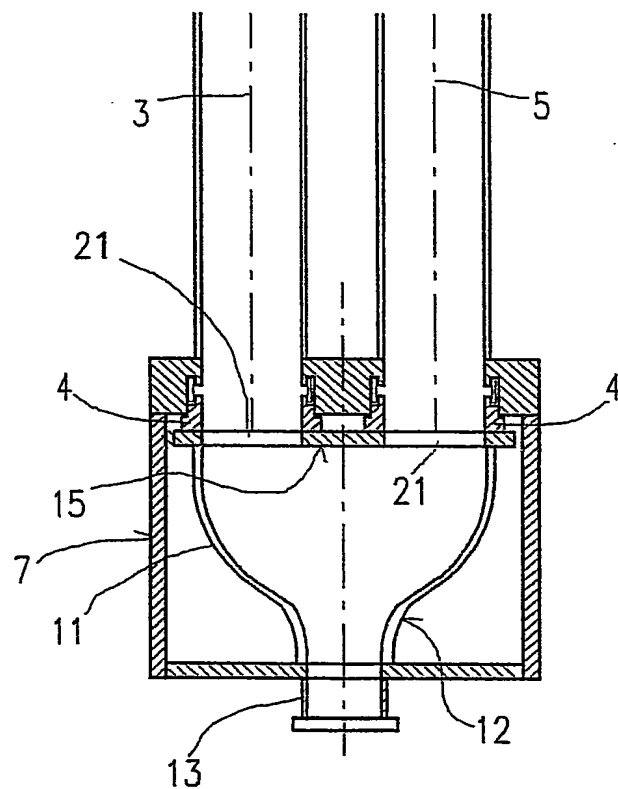
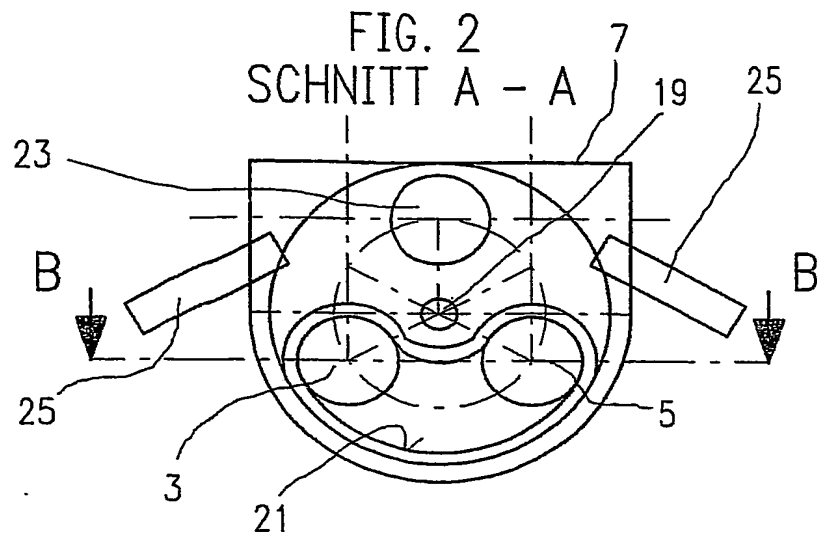


FIG. 3
SCHNITT B - B

3 / 4

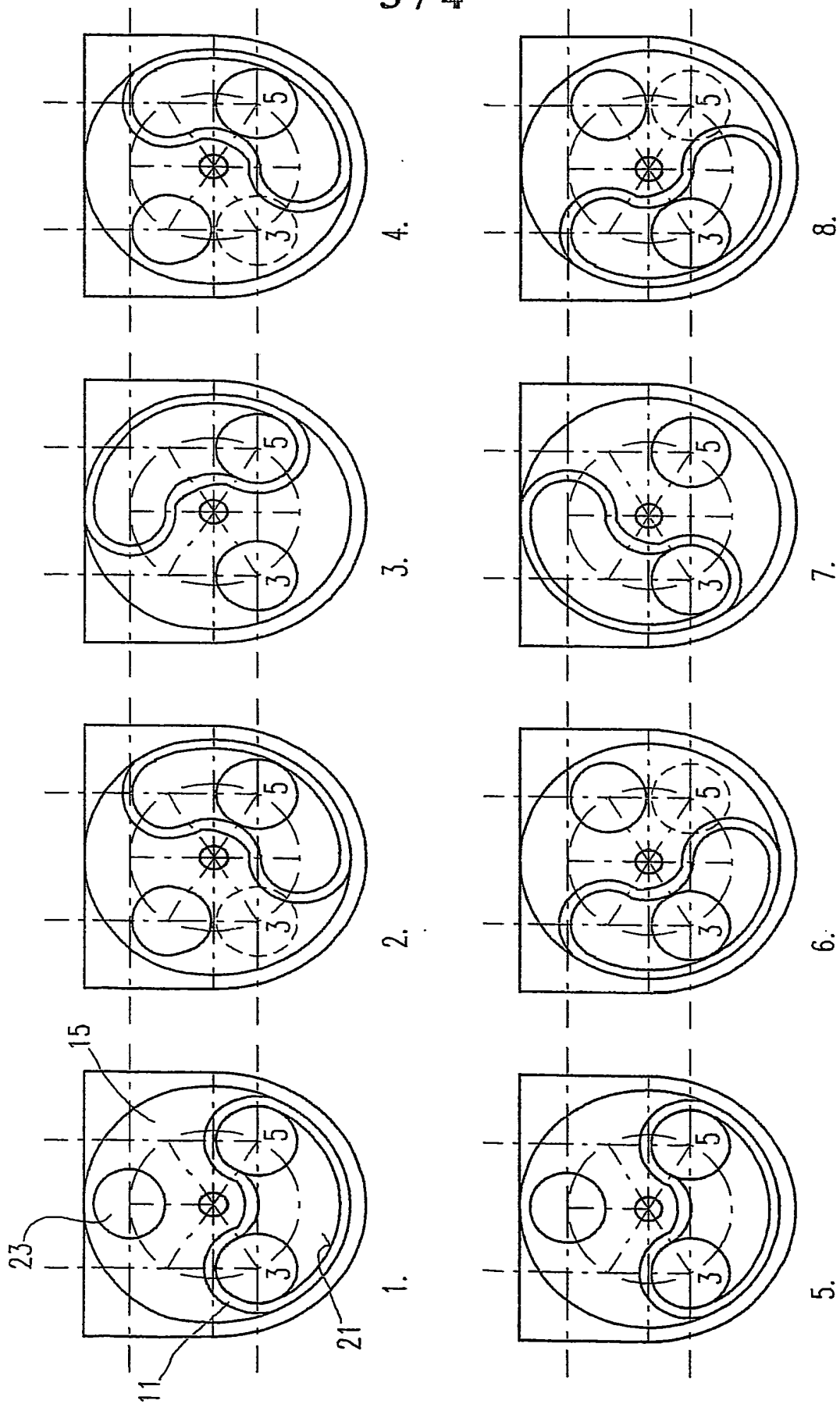


FIG. 4

FIG. 5

